



TITLE:

Interactions between Visual Attention and Visual Working Memory(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Li, Qi

CITATION:

Li, Qi. Interactions between Visual Attention and Visual Working Memory. 京都大学, 2015, 博士(人間・環境学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19079>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により要約は2016/01/01に公開; 許諾条件により要旨は2015/04/01に公開

(続紙 1)

京都大学	博士（人間・環境学）	氏名	李 琦
論文題目	Interactions between Visual Attention and Visual Working Memory （視覚的注意と視覚性ワーキングメモリの相互作用に関する研究）		
論文内容の要旨			
<p>ヒトの視覚認知は視覚的注意と視覚性ワーキングメモリにより支えられている。また、これらは相互に関連し合い、影響し合う。本研究は、視覚的注意と視覚性ワーキングメモリの相互作用について調べることを目的とした。特に、トップダウンの注意制御が視覚性ワーキングメモリに与える影響に焦点をあて、実証的検討を行った。</p> <p>本論文では、まず視覚的注意と視覚性ワーキングメモリに関する心理物理学、認知神経科学的先行研究をレビューし、研究の理論枠組み・問題意識・研究目的を述べた（第1章）。次に、実際に行った3つの研究を記述した（第2～4章）。その後、得られた結果、ならびにこれまでの知見を踏まえ、総合的な考察を展開した（第5章）。最後に結論を述べた（第6章）。</p> <p>第1章では、研究の理論枠組みを提示した。「記憶システムはどのように物体を表象するか」という問題は視覚性ワーキングメモリ研究の中で最も重要な問題の一つである。最近の研究では、視覚性ワーキングメモリの表象が位置情報に基づいて構成され、物体の色や形態などの特徴は位置情報に結び付けられた形で記憶に保持されていることが示唆されている。この構造モデルによれば、視覚性ワーキングメモリに対するトップダウンの注意制御の様態は空間的特徴と非空間的特徴は視覚性ワーキングメモリの中で異なることが予測される。本研究では、空間ベースと特徴ベースの注意、注意の切り替え、次元選択的な注意機能という3つのテーマについて、行動実験、及び脳波測定実験を用いて検討した。本論文の目的は、構造モデルの理論枠組みの中で視覚性ワーキングメモリにおける視覚的注意の選択機能の特性を検討することである。</p> <p>第2章では、視覚性ワーキングメモリにおける空間ベース、特徴ベースの注意の効果を比較検討した。視覚性ワーキングメモリにおける選択的注意の効果を測定する手法である事後の手がかり法を拡張し、従来の位置に対する手がかりに加えて、色を手掛かりとする条件を導入した。その上で、記銘時の注意効果を調べる事前手がかり条件と保持時の注意効果を調べる事後手がかり条件を比較した。その結果、視覚性ワーキングメモリにおける色に基づく選択の効果は、記銘過程で大きく、保持過程では小さかった。一方、空間</p>			

に基づく選択の効果は記銘と保持において同程度であった。また、視覚性ワーキングメモリの記銘における色に基づく選択の効果は、空間に基づく選択よりも大きかったが、これは知覚における注意効果とは逆の結果であり、記銘過程に特有の効果であると考えられる。一連の結果から、視覚性ワーキングメモリにおいて、特徴と空間に基づく選択では異なるメカニズムが関与し、それは知覚的注意における特徴と空間に基づく選択の差異とも異なる可能性が示唆された。

第3章では、変化検出課題の保持期間中に事後手がかりとして系列手がかりを与え、視覚性ワーキングメモリにおける注意の切り替えの効果を調べた。事後手がかりを与えると、手掛かり位置の刺激は記憶成績が向上し、それ以外の位置では成績が低下することが分かっているが、系列手がかりによって手掛かり位置を変更すると、新たな手掛かり位置で成績が向上するとともに、古い手掛かり位置では成績の低下が起こらないことがわかった。つまり、系列手がかりを与えることにより、全体として課題成績が向上することが確認された。この結果は、視覚性ワーキングメモリの保持過程において、注意による選択的保持の対象の切り替えが可能であり、柔軟な注意の再配分が可能であることを示す。また、注意の選択と選択解除が固定された処理資源の再配分とは異なる可能性を示唆する。

第4章では、視覚性ワーキングメモリにおける選択的属性抑制について、行動実験と脳波測定を併用して検討した。色、形態、位置で定義された刺激セットの特徴の組合せの変化検出課題において、ある次元を無視する条件を設定した。その結果、色と形態を無視する場合、ベースラインに比べて課題成績が向上した。一方、位置を無視する場合は課題成績が低下した。つまり、色や形を無視して記憶することは容易だが、位置を無視することは困難であった。脳波解析の結果、contralateral delay activity (CDA) は位置無視条件でのみ平均振幅が有意に低下した。一方、前頭部の θ 波の振幅は特徴（色・形態）無視条件においてのみ増大した。この結果は、色や形態を無視する場合の成績の向上と位置を無視する場合の成績の低下が、異なる神経基盤に支えられている可能性を示唆している。

第5章では、本研究の3つの実験研究の結果を視覚性ワーキングメモリの構造モデルの観点から考察した。一連の実験結果は構造モデルと整合性を持つ。位置情報と特徴情報は視覚性ワーキングメモリの中で等質な機能を持つのではなく、位置情報が記憶表象の形成・保持に中心的な役割を果たす。本論文は、視覚的注意と視覚性ワーキングメモリの相互作用の新しい側面と視覚性ワーキングメモリ表象の構造特性について重要な示唆を提供した。

(論文審査の結果の要旨)

本学位申請論文は、視覚性ワーキングメモリと視覚的注意の相互作用の様態を理解することを目指し、視覚的注意研究で検討されてきた3つのテーマを取り上げ、視覚性ワーキングメモリ表象に対するこれらの注意機能の効果を検討した実験研究をまとめたものである。視覚刺激に対する知覚的注意と比較して、視覚性ワーキングメモリに対する注意機能は未解明な部分が多い。視覚性ワーキングメモリに対する注意は位置に基づく選択しか検討されておらず、特徴に基づく注意効果は不明である。注意の切り替えの効果、多次元物体における特徴選択的な記憶保持については、対立する知見が報告されている状態である。本論文は、視覚性ワーキングメモリと視覚的注意の相互作用を行動実験と脳波測定実験によって検討し、記憶表象に対する注意機能の特殊性と視覚性ワーキングメモリの構造特性に関して新たな知見を見出した。

学位申請者が行った実験は、以下のことを明らかにした。

1. 知覚的注意研究では、位置に基づく選択と特徴に基づく選択の効果が異なることが知られており、一般に位置の効果が優勢であると言われている。これに対して、視覚性ワーキングメモリ表象に対する特徴に基づく選択の特性は不明である。本研究は、視覚性ワーキングメモリにおける注意機能を調べる標準的方法である事後手がかり法を用い、位置に基づく選択と色に基づく選択を直接比較するとともに、事後手がかりを用いた記憶保持時の注意機能と、事前手がかりを用いた記銘時の注意機能の比較も行った。この結果、保持時と記銘時で同等の効果を持つ位置に基づく選択と異なり、色に基づく選択では、記銘時の効果がより大きくなること、また記銘時は、知覚的注意とは逆に特徴の効果が位置の効果に対して優勢であることを世界で初めて明らかにした。この成果は、視覚性ワーキングメモリにおいても特徴に基づく選択が特有の機能を持つこと、また特徴の効果が知覚時とは異なることを示し、ワーキングメモリと注意の関係を知覚的注意と類比的には論じられないことを明らかにした。

2. 視覚性ワーキングメモリ表象に対する選択的注意に関して、以前に注意を向けていなかった表象に対しても注意を切り替えられるという報告と、切り替えられないという報告がある。本研究は、注意の切り替えに関するより明確な証拠を示すために、事後手がかり法で手がかりを系列呈示する方法を用いて、注意の切り替えを検討した。その結果、第1手がかりで注意を向け

られていなかった記憶項目に対して第2手がかりで注意を向けることができることが一貫して示され、先行研究における不一致は手がかり対象の記憶項目数の違いによって説明できることが主張された。また、興味深いことに、第2手がかりの効果は第1手がかりの効果とのトレードオフを示すことがなく、2つの手がかりを継時呈示することにより、両方の項目の記憶成績を向上できることが分かった。この結果は、短期記憶課題の成績を向上させる技法として現実場面でも応用可能性があり大きな意義がある。

3. 視覚性ワーキングメモリにおける特徴選択的な保持能力に関しては様々な議論が並立している。本研究は、次元選択的保持は色や形態などの非空間的次元では柔軟にできるが、空間的次元では困難であるという先行研究の成果を追試し確認すると同時に、脳波測定を行って、この結果が記憶保持時の情報処理を反映していることを示すことを目的とした。色、形態、位置の3次元で定義された刺激セットを用い特徴の入れ替え検出課題を行い、無視すべき特徴次元を操作した。すべての次元を記憶するベースラインと比較して、色、形態を無視する条件では、記憶成績が向上したのに対し、位置を無視する条件では逆に低下した。また、成績の向上は、記銘時の脳波の前頭部の θ 波の振幅、成績低下は記銘時の頭頂―後頭部のCDAという成分と関連しており、記憶保持時の異なる神経機構に支えられていることが示された。この結果は、視覚性ワーキングメモリにおいて非空間的次元と空間的次元が異なる構造特性を持ち、注意による選択処理も異なる神経機構に基づくことを示すものである。

申請者は、以上の実験結果、及び先行研究などを総合して、視覚性ワーキングメモリにおいて位置情報が記憶表象の形成・保持に中心的な役割を果たすという仮説を提案し、この構造モデルに対する注意の効果を想定することで本研究の結果が整合的に説明できると主張した。記憶項目が継時的に呈示される状況に拡張するための構造モデルへの時間軸の導入、非空間次元同士の相互作用に関する詳細な検討など解決すべき問題は多いが、本研究は視覚性ワーキングメモリと注意の相互作用に関する今後の研究の基盤となる重要な知見と、今後の研究の指針を示したと言える。

よって、本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年2月3日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、著作権にかかる制約がなくなるまでの間、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公表可能日： 平成 27 年 4 月 1 日以降